

PRARENCANA PABRIK

5-HMF DARI TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PROSES HIDROLISIS AIR SUBKRITIS KAPASITAS 1.414.329 KG/TAHUN



Diajukan oleh:

Astrid Rahmawati

NRP: 5203010002

Pang, Debora Setiawan

NRP: 5203010011

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TAKNIK

UNIVERSITAS KATOLIK WIDYA MANDALA

SURABAYA

2014

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

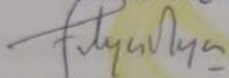
Nama : Astrid Rahmawati

NRP : 5203010002

telah diselenggarakan pada tanggal 10 Januari 2014, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

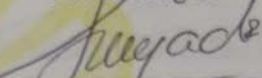
Surabaya, 14 Januari 2014

Pembimbing I


Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

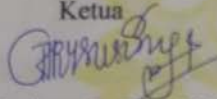
Pembimbing II


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

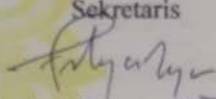
Dewan Penguji

Ketua


Ery Susiany R. S.T., M.T.

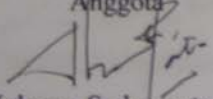
NIK. 521.98.0348

Sekretaris


Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.

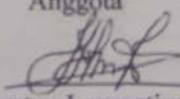
NIK. 521.99.0391

Anggota


Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.

NIK. 521.89.0151

Anggota


Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S.

NIK. 521.87.0127

Mengetahui

Fakultas Teknik

Dekan


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D.
NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia

Ketua


Wenny Irawaty, Ph.D.
NIK. 521.97.028

LEMBAR PENGESAHAN

Seminar PRARENCANA PABRIK bagi mahasiswa tersebut di bawah ini:

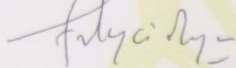
Nama : Pang, Debora Setiawan

NRP : 5203010011

telah diselenggarakan pada tanggal 10 Januari 2014, karenanya yang bersangkutan dapat dinyatakan telah memenuhi sebagian persyaratan kurikulum guna memperoleh gelar **Sarjana Teknik** jurusan **Teknik Kimia**.

Surabaya, 14 Januari 2014

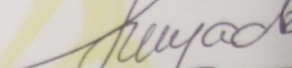
Pembimbing I



Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

Pembimbing II

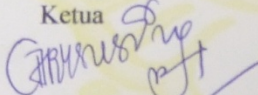


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Dewan Penguji

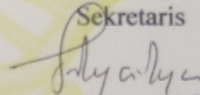
Ketua



Ery Susiany R, S.T., M.T.

NIK. 521.98.0348

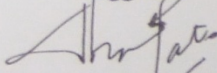
Sekretaris



Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D.

NIK. 521.99.0391

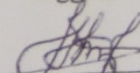
Anggota



Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T.

NIK. 521.89.0151

Anggota



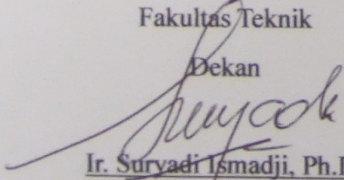
Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.S.

NIK. 521.87.0127

Mengetahui,

Fakultas Teknik

Dekan

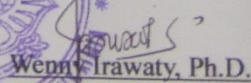


Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D.

NIK. 521.93.0198

Jurusan Teknik Kimia

Ketua



Wenny Irawaty, Ph.D.

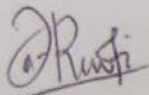
NIK. 521.97.028

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Seandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Surabaya, 14 Januari 2014

Mahasiswa yang bersangkutan,



Astrid Rahmawati

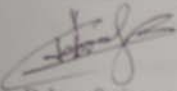
5203010002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan prarencana pabrik ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan merupakan hasil karya orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dinyatakan dalam teks. Sekandainya diketahui bahwa laporan prarencana pabrik ini ternyata merupakan hasil karya orang lain, maka saya sadar dan menerima konsekuensi bahwa laporan prarencana pabrik ini tidak dapat saya gunakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik.

Sorabaya, 14 Januari 2014

Mahasiswa yang bersangkutan,



Pang. Debora Setiawan

5203010011

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena telah melimpahkan rahmat karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan yang berjudul Prarencana Pabrik 5-HMF dari Tongkol Jagung menggunakan Proses Hidrolisis Air Subkritis.

Prarencana pabrik ini merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan guna memenuhi persyaratan yang harus ditempuh dalam kurikulum pendidikan tingkat Strata 1 (S-1) di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan laporan prarencana pabrik ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
2. Wenny Irawaty, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya.
3. Felycia Edi Soetaredjo, Ph.D dan Ir. Suryadi Ismadji, Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatiannya dalam memberikan bimbingan sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan prarencana pabrik ini.
4. Ery Susiany R, S.T., M.T., Ir. Yohanes Sudaryanto, M.T., dan Dr. Ir. Suratno Lourentius, M.T., selaku dosen penguji yang telah memberi masukan yang berharga dalam pembuatan Tugas Akhir ini.
5. Orang tua, keluarga, dan orang-orang terdekat yang tak henti-hentinya selalu mendukung dan memberi semangat dan doa.
6. Teman-teman mahasiswa Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya, khususnya angkatan 2010.
7. Semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang turut memberikan dukungan dan bantuan selama penyusunan prarencana pabrik ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki kekurangan, sehingga penulis menerima kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan laporan

ini. Akhirnya, penulis berharap supaya laporan ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Surabaya, 14 Januari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
INTISARI	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1. Latar Belakang	I-1
I.2. Sifat-Sifat Bahan Baku dan Produk	I-2
I.3. Kegunaan dan Keunggulan Produk	I-9
I.4. Ketersediaan Bahan Baku dan Analisa Pasar	I-10
BAB II URAIAN DAN PEMILIHAN PROSES	II-1
II.1. Proses Pembuatan Produk <i>5-Hydroxymethyl-2-furfural</i> (5-HMF) ...	II-1
II.2. Pemilihan Proses	II-5
II.3. Uraian Proses	II-9
BAB III NERACA MASSA	III-1
BAB IV NERACA PANAS.....	IV-1
BAB V SPESIFIKASI PERALATAN	V-1
BAB VI LOKASI, TATA LETAK PABRIK & ALAT, INSTRUMENTASI DAN SAFETY	VI-1
VI.1. Lokasi Pabrik	VI-1
VI.2. Tata Letak Pabrik dan Peralatan	VI-4
VI.3. Instrumentasi.....	VI-9
VI.4. Pertimbangan Keselamatan dan Lingkungan.....	VI-11
BAB VII UTILITAS DAN PENGOLAHAN LIMBAH	VII-1
VII.1. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air	VII-1
VII.2. Unit Penyediaan Listrik	VII-157
VII.3. Unit Penyediaan <i>Flue Gas</i>	VII-165
VII.4. Pengolahan Limbah	VII-172
BAB VIII DESAIN PRODUK DAN KEMASAN.....	VIII-1
BAB IX STRATEGI PEMASARAN	IX-1
BAB X STRUKTUR ORGANISASI.....	X-1
X.1. Struktur Umum	X-1
X.2. Bentuk Perusahaan (Advendi, 2008)	X-1
X.3. Struktur Organisasi	X-2
X.5. Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab	X-5
X.6. Kesejahteraan Karyawan	X-12
X.7. Jadwal Kerja Alat.....	X-13
BAB XI ANALISA EKONOMI.....	XI-1
XI.1. Penentuan Modal / <i>Total Capital Investment</i> (TCI)	XI-1
XI.2. Penentuan Biaya Produksi Total/ <i>Total Production Cost</i> (TPC).....	XI-3
XI.3. Analisa Ekonomi dengan Metode <i>Discounted Cash Flow</i>	XI-4

XI.4.	Perhitungan <i>Rate of Return Investment</i> (ROR).....	XI-8
XI.5.	Perhitungan <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE)	XI-9
XI.6.	Waktu Pengembalian Modal (POT).....	XI-10
XI.7.	Penentuan Titik Impas / <i>Break Even Point</i> (BEP)	XI-11
XI.8.	Analisa Sensitivitas	XI-12
BAB XII	DISKUSI DAN KESIMPULAN	XII-1
XII.1.	Diskusi	XII-1
XII.2.	Kesimpulan	XII-3
DAFTAR PUSTAKA		DP-1
LAMPIRAN A PERHITUNGAN NERACA MASSA.....		A-1
LAMPIRAN B PERHITUNGAN NERACA PANAS.....		B-1
LAMPIRAN C PERHITUNGAN SPESIFIKASI PERALATAN.....		C-1
LAMPIRAN D PERHITUNGAN ANALISA EKONOMI.....		D-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1. Data Statistik Cadangan Minyak Bumi Indonesia.....	1
Gambar I. 2. Tongkol Jagung (Werdiningtyas, dkk., 2012)	3
Gambar I. 3 Struktur Kimia Selulosa (Fengel, dkk., 1984)	4
Gambar I. 4. Xilosa (Fengel, dkk., 1984)	5
Gambar I. 5 Struktur Kimia Lignin (Fengel, dkk., 1984)	5
Gambar I. 6. (a) Gambar Fisik TiO_2 ; (b) Struktur molekul TiO_2	6
Gambar I. 7. (a) Gambar Fisik ZrO_2 ; (b) Struktur molekul ZrO_2 (Nielsen, 2005)	7
Gambar I. 8. 5-Hidroxymethylfurfural (5-HMF) (Andreia, dkk., 2011)	8
Gambar I. 9 Struktur Kimia Furfural	9
Gambar II. 1. Skema Degradasi Selulosa dalam SCW	3
Gambar II. 2. Blok Diagram Proses Pembuatan 5-HMF dengan <i>Subcritical Water</i> .	10
Gambar VI. 1. Peta Lokasi Pabrik	1
Gambar VI. 2. Tata Letak Pabrik.....	7
Gambar VI. 3. Tata Letak Peralatan Lantai 1	9
Gambar VI. 4. Tata Letak Peralatan Lantai 2	9
Gambar VII. 1. Diagram Alir Proses Pengolahan Air	7
Gambar VII. 2. Flowsheet Proses Pengolahan Air	8
Gambar VIII. 1. Desain Kemasan 5-HMF	1
Gambar VIII. 2. Label Kemasan pada Drum 5-HMF	2
Gambar X. 1. Struktur Organisasi PT. HMF-Indo Company	11
Gambar XI. 1. Hubungan antara kapasitas produksi dan laba sesudah pajak	12

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1. Komposisi Lignoselulosa pada Tongkol Jagung	3
Tabel I. 2. Karakteristik TiO ₂ (Cotton, dkk., 1988).....	6
Tabel I. 3. Karakteristik ZrO ₂ (Nielsen, 2005)	7
Tabel I. 4. Sifat – Sifat Fisika dan Kimia 5-Hidroxymethylfurfural	8
Tabel I. 5. Sifat Fisika dan Kimia Senyawa Furfural	9
Tabel I. 6. Jumlah Pemakaian Bahan Baku Jagung serta Limbah Tongkol Jagung di Indonesia (BPS, 2011)	11
Tabel I. 7. Prediksi Jumlah Ketersediaan Tongkol Jagung pada Tahun 2016-2020 .	12
Tabel I. 8. Data Impor 5-HMF Tahun 2005-2012 (Kemeperin, 2013).....	13
Tabel I. 9. Prediksi Kebutuhan 5-HMF pada Tahun 2016-2020	14
Tabel II. 1. Kelebihan dan Kekurangan Beberapa Metode Hidrolisis Selulosa.	5
Tabel II. 2. Proses Beberapa Hidrolisis Selulosa.....	6
Tabel II. 3. Perbandingan Kelebihan dan Kekurangan dari Beberapa Jenis Katalis ...	7
Tabel VI. 1. Perencanaan pembagian areal pabrik.....	6
Tabel VII. 1. Total Kebutuhan Air Pendingin	2
Tabel VII. 2. Kebutuhan Air Sanitasi	4
Tabel VII. 3. Data Kode Alat dan Keterangan Alat.....	9
Tabel VII. 4. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Proses	157
Tabel VII. 5. Kebutuhan Listrik untuk Keperluan Utilitas	158
Tabel X. 1. Jadwal Kerja Karyawan Shift.....	5
Tabel X. 2. Perincian Jumlah Karyawan PT. HMF-Indo Company.....	12
Tabel X. 3. Jadwal Kerja Alat Produksi 5-HMF	14
Tabel XI. 1. Penentuan Total Capital Investment (TCI).....	2
Tabel XI. 2. Biaya Produksi Total / Total Production Cost (TPC).....	3
Tabel XI. 3. <i>Cashflow</i>	6
Tabel XI. 4. <i>Rate of Return Investment</i> (ROR) sebelum pajak.....	8
Tabel XI. 5. <i>Rate of Return Investment</i> (ROR) sesudah pajak	9
Tabel XI. 6. <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) sebelum pajak	9
Tabel XI. 7. <i>Rate of Equity Investment</i> (ROE) sesudah pajak	10
Tabel XI. 8. POT sebelum pajak.....	10
Tabel XI. 9. POT sesudah pajak	11
Tabel XI. 10. Penentuan BEP	12
Tabel XI. 11. Hubungan kenaikan presentase harga bahan baku terhadap BEP, ROR, ROE, dan POT	13

INTISARI

Sekarang ini fokus pengembangan alternatif mengenai sumber daya energi dan bahan kimia yang tidak berbasis petroleum. Meningkatnya permintaan sumber daya energi dan bahan kimia yang dibutuhkan oleh masyarakat industri tidak sebanding dengan dengan cadangan sumber daya seperti minyak bumi yang berkurang.

Salah satu senyawa sintesis dari *biomassa* yang menjanjikan adalah 5-*hydroxymethyl-furfural* (5-HMF). Di *United State*, 5-HMF termasuk 10 besar *valuable chemical* yang dapat dimanfaatkan menjadi sumber daya terbarukan yang dapat disintesis menjadi prekursor bahan bakar (*diesel fuel*) dan plastik yang biasanya berbasis minyak bumi. Selain itu, pengaplikasian sintesa 5-HMF juga dapat dibuat menjadi produk *fine chemical*, farmasi, solvent, dan resin.

Jagung adalah salah satu komoditi tanaman pangan terbesar selain padi di Indonesia. Sehingga ketersediaan tongkol jagung menjadi potensi besar untuk digunakan sebagai bahan baku pembuatan 5-HMF. Kebaharuan dari perancangan pabrik ini terletak pada pemanfaatan tongkol jagung dan pengembangannya menjadi *multi-platform product* yang bernilai komersial dengan berbasiskan teknologi hijau yaitu teknologi hidrolisis *subcritical water* (SCW).

Proses produksi 5-HMF dimulai dengan proses persiapan bahan baku dimana dilakukan pengecilan ukuran tongkol jagung hingga 20 mesh. Remahan tongkol jagung kemudian mengalami proses hidrolisis pada reaktor subkritis, dimana pada proses ini selulosa dihidrolisis menjadi glukosa dan hemiselulosa dihidrolisis menjadi xylosa. Proses hidrolisis berlangsung selama 10 menit. Setelah itu, *slurry* hasil hidrolisa menuju ke reaktor dehidrasi *microwave*. Pada reaktor *microwave*, selulosa didehidrasi menjadi 5-HMF dan xylosa menjadi furfural. Dalam campuran produk dehidrasi masih terdapat glukosa dan xylosa yang tidak terkonversi, sehingga harus mengalami proses pemurnian. Proses pemurnian dilakukan di menara distilasi I, II, dan III dengan kemurnian 5-HMF sebesar 99,67% dan furfural sebesar 95%.

Limbah dari pabrik 5-HMF dari tongkol jagung ini terdiri dari limbah padat, gas dan limbah cair. Limbah padat residu padatan dari proses hidrolisis SCW dapat dimanfaatkan oleh petani sebagai pupuk kompos karena masih mengandung senyawa organik dan tidak mengandung senyawa kimia berbahaya. Untuk limbah katalis serta limbah padat dari unit utilitas tidak berbahaya terhadap lingkungan sehingga dapat dibuang ke tempat pembuangan akhir atau ditanam dalam tanah. Untuk limbah gas dapat langsung dibuang ke udara karena tidak berbahaya bagi lingkungan. Sedangkan limbah cair nilai COD yang masih memenuhi syarat baku mutu limbah cair Indonesia sehingga dapat langsung dikembalikan ke sungai.

Ringkasan dari Prarencana Pabrik 5-HMF dari tongkol jagung ini adalah sebagai berikut:

Bentuk perusahaan	: Perseroan Terbatas (PT)
Produksi	: 5-HMF
Status perusahaan	: swasta
Kapasitas produksi	: 1.414.329 kg 5-HMF/tahun
Hari kerja efektif	: 300 hari
Sistem operasi	: semi kontinyu
Masa konstruksi	: 2 tahun

Waktu mulai operasi	: tahun 2016
Bahan baku	
• Tongkol Jagung	: 5.250.000 kg per tahun
• Katalis TiO ₂	: 46 kg per tahun
• Katalis ZrO ₂	: 46 kg per tahun
• Gas N ₂	: 86.328,96 kg/ tahun
• <i>Sec-butyl phenol</i> (SBP)	: 32.472 kg/tahun
Produk	
• 5-HMF	: 1.414.329 kg per tahun
• Furfural	: 966.414 kg per tahun
Utilitas	
• Air	: 58,47 m ³ per hari
• Koagulan	: 1.948,61kg per tahun
• Kaporit 60%	: 5,64 kg per tahun
• Zeolite	: 3.659,60 kg per tahun
• NaCl	: 16.007,08 kg per tahun
• <i>Acrylic based amine</i>	: 1.874,93 kg per tahun
• NaOH	: 1.891,04 kg per tahun
• Pasir	: 805,93 kg per tahun
• Karbon	: 385,49 kg per tahun
• <i>Industrial Diesel Oil</i>	: 22.180 L per tahun
• Listrik terpasang	: 2.272,52 kW
• <i>Natural Gas</i>	: 3.169,55 MMBTU/tahun
Jumlah tenaga kerja	: 73 orang
Lokasi pabrik	: di daerah Werda, Surabaya, Jawa Timur
Luas pabrik	: 8.720 m ²
Dari hasil analisa ekonomi yang telah dilakukan didapatkan :	
<i>Fixed Capital Investment</i> (FCI)	: Rp 73.952.581.090,00
<i>Working Capital Investment</i> (WCI)	: Rp 1.184.229.764,00
<i>Total Production Cost</i> (TPC)	: Rp 23.232.378.692,00
Penjualan per tahun	: Rp 61.256.758.192,00
<i>Metode Discounted Cash Flow</i>	
<i>Rate of Equity</i> sebelum pajak	: 49,61%
<i>Rate of Equity</i> sesudah pajak	: 35,57 %
<i>Rate of Return</i> sebelum pajak	: 28,19%
<i>Rate of Return</i> sesudah pajak	: 20,12%
<i>Pay Out Time</i> sebelum pajak	: 3 tahun 5 bulan
<i>Pay Out Time</i> sesudah pajak	: 4 tahun 5 bulan
<i>Break Even Point</i> (BEP)	: 24,13%